पौधे-माहू-चींटी की अन्तर्क्रिया की खोजबीन

रुद्र प्रसाद बनर्जी, रेनी एम. बोर्जेस, सरोज कान्ता बारिक,
प्रेम प्रकाश सिंह और मधुलिका अग्रवाल

विभिन्न प्रजातियाँ एक-दूसरे के साथ पेचीदा और विविध ढंग से अन्तर्क्रिया करती हैं। प्रजातियों के बीच होने वाली इन अन्तर्क्रियाओं का अध्ययन क्यों और कैसे किया जाता है? विद्यार्थियों को अपने ही आँगन में वास्तविक परिस्थिति में पौधों, माहू (एफिड) और चींटियों के अवलोकन के द्वारा इन अन्तर्क्रियाओं से कैसे रूबरू करवाया जाए?

बच्चे अपने घर और स्कूल के आसपास अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं का अवलोकन करना और उनके बारे में सोचना काफ़ी पहले शुरू कर देते हैं – पाठ्यपुस्तकों में इससे सम्बन्धित अवधारणाएँ पढ़ाए जाने से बहुत पहले। यदि विद्यार्थियों को ऐसी कुछ अन्तर्क्रियाओं के अध्ययन का मौक़ा दिया जाए, तो इससे शिक्षक को अमूर्त अवधारणाओं को उनके आँगन में किए गए वास्तविक अवलोकनों से जोड़ने में मदद मिलेगी। उदाहरण के लिए, क्या आपने अपने बगीचे, स्कूल परिसर या खेत में कोई ऐसा पौधा देखा है, जो छोटे-छोटे जन्तुओं से ढँका लगता है? क्या ऐसा लगता है कि पौधे के कुछ हिस्सों पर चींटियों की गहमा-गहमी चल रही है? यदि इन दोनों सवालों का आपका जवाब 'हाँ' है तो शायद आप चींटियों, माहुओं और पौधे की तीन-तरफ़ा अन्तर्क्रिया को देखने के लिए सही जगह पर हैं (देखें **बॉक्स-1**)।

पादप-माहू अन्तर्क्रिया

आपने अनुमान लगा ही लिया होगा कि छोटे-छोटे सफ़ेद, पीले, हरे या काले जन्तु कीट हैं जिन्हें माहू कहते हैं (देखें **चित्र 1**)। मीलीबग्स, व्हाइटफ्लाइस और प्लांट हॉपर्स के समान माहुओं के मुखांग भी सुईनुमा होते हैं (जिन्हें स्टायलेट्स या शूकिका कहते हैं)। इन्हें वे पौधे के मुलायम हिस्सों में सुई जैसे घुसा देते हैं और फ्लोएम रस का पान करते हैं। फ्लोएम रस पौधा स्वयं अपने पोषण के लिए बनाता है (देखें **बॉक्स-2**)।[1]

बॉक्स-1 : पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रियाओं की तलाश और अवलोकन

पौधों, माहुओं और चींटियों के बीच अन्तर्क्रियाओं की प्रकृति अक्सर मौक़ापरस्त या विकल्पी होती है। इसका मतलब है कि चींटियाँ माहुओं के साथ सम्बन्ध पूरे साल बना भी सकती हैं और नहीं भी बना सकती हैं। माहू-चींटी अन्तर्क्रिया प्राय: संसाधनों की उपलब्धता, मौसम, चींटी बस्ती की ज़रूरतों, मेज़बान पौधे की ऋतु-जैविकी (फीनॉलॉजी – कलिका निकलने, पुष्पन और फलन जैसी मौसमी घटनाओं के समय में परिवर्तन) वग़ैरह पर निर्भर करती है। चूँकि जाड़ों में पर्यावरणीय परिस्थितियाँ माहू और चींटियों की सक्रियता को सीमित कर देती हैं, इसलिए ऐसी अन्तर्क्रियाओं के अवलोकन का सबसे बढ़िया समय गर्मियों (मार्च-अप्रैल से जुलाई) और मानसून-उपरान्त (सितम्बर-अक्टूबर से नवम्बर) का है। ऐसी अन्तर्क्रियाओं का अवलोकन ऊँची शाखाओं या ऊँचे पेड़ों पर करना मुश्किल हो सकता है, लेकिन 3-5 मीटर के पेड़ों पर या नीचे की ओर लगी शाखाओं पर आसानी से किया जा सकता है। पौधे के हिस्सों पर चींटियों या उनकी हलचल को देखकर ऐसी अन्तर्क्रियाओं के स्थल का पता लगाने में मदद मिल सकती है।

कई बार माहू संक्रमण मेज़बान पौधे के अग्रस्थ हिस्सों पर देखा जा सकता है। एक बार पहचान में आ जाए, तो ऐसी पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया के कई लक्षणों का अवलोकन किया जा सकता है। (देखें पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया के अवलोकन के लिए मिलान सूची)



चित्र-1 : माहू अपने सुईनुमा मुखांग को मेज़बान पौधे में घुसाकर फ्लोएम रस का पान करते हुए।

बॉक्स-2 : शब्दावली

- **फ्लोएम रस :** पौधों के लिए पोषण-समृद्ध भोजन का स्रोत। यह नाम फ्लोएम (पौधे के विभिन्न हिस्सों में भोजन पहुँचाने की नलियाँ) के ज़रिए होने वाले परिवहन के आधार पर बना है। फ्लोएम रस में शर्करा व अमीनो अम्ल प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं और यह पौधे की वृद्धि व विकास के लिए पोषण प्रदान करता है।
- **वाष्पशील कार्बनिक यौगिक (VOCs) :** ऐसे रासायनिक पदार्थ जो हवा के सम्पर्क में आने पर तेज़ी से वाष्पीकृत हो जाते हैं। अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रिया के दौरान जीवों द्वारा स्रावित ये रसायन प्रजातियों के बीच सम्प्रेषण में मदद करते हैं।
- **कुदरती शत्रु :** वे जीव जो किसी खास प्रजाति के जन्तुओं का शिकार करते हैं या उन पर परजीवी बनते हैं।

इन पादपभक्षी (फायटोफैगस) या रसचूषक कीटों के कारण होने वाली पोषण की हानि पौधे की सेहत को प्रभावित करती है और पौधे के हिस्से मुरझा जाते हैं या पीले पड़ जाते हैं। यह पौधे की प्रजनन क्षमता को भी प्रभावित कर सकता है जिसके चलते उस पर फलों और बीजों की संख्या कम हो सकती है।

माहू कुछ घातक पादप वायरसों (जैसे कुकुम्बर मौज़ेक वायरस और पॉटेटो वायरस) के वाहक की भूमिका भी निभा सकते हैं। ये वायरस भक्षण कर रहे माहू की लार के साथ मेज़बान पौधे में प्रवेश कर जाते हैं। माहू आक्रमण से ग्रस्त पौधा दुर्बल हो जाता है और इन व अन्य बीमारियों के प्रति ज़्यादा संवेदनशील हो जाता है। चूँकि इस अन्तर्क्रिया में माहू को पौधे की क़ीमत पर लाभ प्राप्त होता है, इसलिए यह शत्रुवत (परजीवी) अन्तर्क्रिया का एक उदाहरण है।

माहू-चींटी अन्तर्क्रिया

फ्लोएम रस का भक्षण करते हुए माहू अपने गुदा से एक चिपचिपे, शर्करा-युक्त, पोषण-समृद्ध तरल पदार्थ की बूँदें उत्सर्जित करते हैं। इसे हनीड्यू कहते हैं। यह तरल चींटियों की कुछ प्रजातियों को मेज़बान पौधे की ओर आकर्षित करता है। कैसे? अध्ययनों से पता चला है कि ये चींटियाँ हनीड्यू



चित्र- 2 : कुछ चींटियाँ माहू द्वारा स्रावित हनीड्यू का भक्षण करती हैं।

Credits: Jmalik. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ant_feeding_on_honeydew.JPG. License: CC-BY-SA.

में उपस्थित कुछ वाष्पशील कार्बनिक यौगिकों (VOCs) की उपस्थिति को अपने संवेदी अंगों (घ्राण बल्ब) की मदद से 'सूँघ' लेती हैं। घ्राण बल्ब हमारी नाक की तरह काम करते हैं (देखें **बॉक्स-2**)।

वल्मरागी (myrmecophilous) माहू: यह शब्द दो शब्दों वल्म यानी 'चींटी' और रागी यानी 'प्रेम करने वाला' से मिलकर बना है। अँग्रेज़ी शब्द में *myrmeco* का मतलब चींटी होता है जबकि *phily* का मतलब 'प्रेम करना' होता है। यह ऐसे माहुओं का वर्णन करता है जिन्हें चींटियाँ पालती हैं।

इन VOCs का उत्पादन माहू की आँत की आन्तरिक भित्ती में बसने वाले कुछ बैक्टीरिया की क्रिया की वजह से होता है।[2] चींटियाँ हनीड्यू का भक्षण करती हैं, और माहुओं को पालती-पोसती हैं (देखें **चित्र-2**)। कुछ चींटी प्रजातियाँ माहुओं के कुदरती शत्रुओं को दूर भी रखती हैं (देखें **बॉक्स-2**)।[3, 5] इन शत्रुओं में लेडीबर्ड बीटल, होवरफ्लाई, और परजीवी ततैया कीटों के लार्वा और वयस्क शामिल हैं। ये या तो माहुओं का भक्षण करते हैं या उनके शरीर में अपने अण्डे दे देते हैं (देखें **चित्र-3**)। चूँकि माहू-चींटी की इस अन्तर्क्रिया से दोनों भागीदारों को लाभ होता है, इसलिए यह अन्तर्क्रिया सहजीविता का एक जीता-जागता उदाहरण है।[3, 4, 5] इस तरह की सहजीविता को 'सुरक्षा के बदले भोजन' सहजीविता कहते हैं।[5]



चित्र-3 : कुछ चींटियाँ माहुओं को उनके कुदरती शत्रुओं से बचाती हैं।

Credits: JerzyGorecki, Pixabay. URL: https://pixabay.com/photos/ants-aphids-kennel-leaf-macro-1271768/. License: CC0.

बॉक्स-3 : अपने आँगन में चींटियों और वल्मरागी माहू प्रजातियों की पहचान :

चींटियों के लिए निम्नलिखित लिंक मददगार हो सकती है :

http://www.antkey.org/en and https://www.antweb.org/

माहू के लिए इन्हें देख सकते हैं:

http://aphid.aphidnet.org/credits.php or

https://influentialpoints.com/Blog/How_to_identify_aphids_from_photos--the_basics.htm

अलबत्ता, कई अन्य अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं के समान, चींटी-माहू सम्बन्ध जितना नज़र आता है उससे कहीं अधिक पेचीदा है। अधिकांश चींटियाँ मौक़ापरस्त भक्षी होती हैं – अपनी बस्ती की ज़रूरतें पूरी करने के लिए वे लगभग कुछ भी खा लेती हैं। इस बात से एक विचार यह आता है कि क्या वे माहू का शिकार भी करती होंगी? अवश्य करती हैं, तब जब उनकी प्रोटीन की ज़रूरत कार्बोहायड्रेट की ज़रूरत (जिसे हनीड्यू से पूरा किया जा सकता है) से अधिक हो जाती है। ऐसी परिस्थिति में माहू-चींटी अन्तर्क्रिया सहजीवी न रहकर शत्रुवत किस्म की हो जाती है। अलबत्ता, अध्ययन यह भी दर्शाते हैं कि चींटियाँ ऐसी माहू प्रजातियों का शिकार करना ज़्यादा पसन्द करती हैं जो गैर-वल्मरागी (non-myrmecophilous) हों, बनिस्बत वल्मरागी (myrmecophilous) प्रजातियों के (देखें **बॉक्स-3**)।[6] इससे एक सवाल उठता है – चींटियाँ दो तरह के माहू के बीच भेद कैसे करती हैं?

अध्ययनों से पता चला है कि प्रत्येक माहू प्रजाति का विशिष्ट गन्ध-हस्ताक्षर होता है जिसे क्यूटिकुलर हायड्रोकार्बन (CHCs, त्वचीय हायड्रोकार्बन) कहते हैं। इन त्वचीय हायड्रोकार्बन की प्रकृति से निर्धारित होता है किसी माहू प्रजाति और उसे पालने वाली चींटी प्रजाति के बीच सम्बन्ध बाध्य (अविकल्पी यानी जब दोनों प्रजातियाँ पूरी तरह एक-दूसरे पर निर्भर हों और एक-दूसरे द्वारा प्रदान की गई सेवाओं के बग़ैर जी न सकें) होगा या विकल्पी (जिसमें चींटी प्रजाति आंशिक रूप से माहू प्रजाति पर निर्भर हो) होगा। त्वचीय हायड्रोकार्बन साझेदार चींटी प्रजाति के लिए वल्मरागी और गैर-वल्मरागी माहू के बीच भेद करने में भी मददगार होते हैं।[7]

पादप-चींटी अन्तर्क्रिया

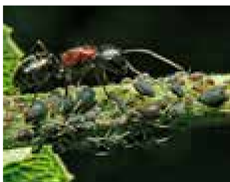
पौधों, चींटियों और माहुओं के बीच अन्तर्क्रिया को लेकर हुए हाल के अध्ययनों से पता चला है कि चींटियों की कुछ प्रजातियाँ मेज़बान पौधे को ग़ैर-रसचूषक शाकाहारी कीटों (जैसे, कैटरपिलर और भृंगों) से सुरक्षा प्रदान करती हैं।[8] कुछ अन्य अध्ययन बताते हैं कि हनीड्यू के जमा होने से फफूँद संक्रमण को न्यौता मिलता है। पौधों के अंगों से हनीड्यू की सफ़ाई करके चींटियाँ पौधे को ऐसे संक्रमणों से बचाती हैं।[9, 10] इससे लगता है कि माहू द्वारा मेज़बान पौधे की क्षति के बावजूद चींटियों की उपस्थिति पौधे को और नुक़सान से बचा सकती है।

चलते-चलते

पादप-माहू-चींटी जैसी अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं के विस्तृत अध्ययन से इन अन्तर्क्रियाओं की सामान्य क्रियाप्रणाली और जटिलताओं को उजागर करने में मदद मिली है। इसके अलावा पारिस्थितिक सन्तुलन बनाए रखने में भी इन अन्तर्क्रियाओं की भूमिका सामने आई है। उदाहरण के लिए, कई अध्ययन बताते हैं कि जब चींटियों को माहुओं तक पहुँचने से रोक दिया जाता है (टैंगलफुट जैसे चिपचिपे कीट-रोधक की मदद से) तो माहू की बस्तियों का आकार छोटा हो जाता है। इसकी वजह से माहुओं के कुदरती शत्रुओं की संख्या भी बढ़ती है और मेज़बान पौधे पर शाकाहारी गतिविधि भी बढ़ जाती है। इसके चलते माहू और मेज़बान पौधे, दोनों की फिटनेस कम हो जाती है। बहिष्कृत वल्मरागी चींटियाँ कीटों के शिकार को ज़्यादा तरजीह देती हैं, जिससे लगता है कि वे कार्बोहायड्रेट की बजाय प्रोटीन की तलाश में लग जाती हैं।

पारिस्थितिकीविदों ने पादप-माहू-चींटी की अन्तर्क्रिया के बारे में वैज्ञानिक तहक़ीक़ात से जो बातें पता की हैं, उनसे विद्यार्थियों को परिचित कराने से उनमें पाठ्यक्रम के जीवविज्ञान से सम्बन्धित विषयों के बारे में कौतूहल जगाया जा सकता है। इससे उनमें प्रकृति और वैज्ञानिक तहक़ीक़ात को लेकर समझ सुदृढ़ और विस्तृत होगी।

मुख्य बिन्दु



- अपने आसपास पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया का अवलोकन विद्यार्थियों को अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं और पारिस्थितिक सन्तुलन बनाए रखने में उनकी भूमिका से सम्बन्धित पाठ्यपुस्तकीय अवधारणाओं से परिचित कराने के लिए किया जा सकता है।
- पादप-माहू सम्बन्ध एक शत्रुवत अन्तर्क्रिया का जाना-पहचाना उदाहरण प्रस्तुत करता है, जबकि माहू-चींटी सम्बन्ध एक परस्पर लाभकारी अन्तर्क्रिया का सुन्दर उदाहरण है।
- चूँकि माहू-चींटी अन्तर्क्रिया तब तक सहजीवन की रहती है जब तक चींटियों को इससे मिलने वाला लाभ काफ़ी अधिक हो, इसलिए इसका उपयोग सन्दर्भ-सापेक्ष अन्तरप्रजातीय अन्तर्क्रियाओं की गतिशील व जटिल प्रकृति को समझाने में किया जा सकता है।
- इन अन्तर्क्रियाओं को समझने के लिए जिस तरह के प्रयोग किए जाते हैं, उनकी बारीकियाँ साझा करने से विद्यार्थियों में वैज्ञानिक तहक़ीक़ात की प्रक्रिया और प्रकृति की समझ विस्तृत होगी।

आँगन में जीवन

पादप-माहू-चींटी अन्तर्क्रिया के अवलोकन के लिए मिलान सूची

1. मेज़बान पौधा किस प्रकार का है?
    - शाक
    - झाड़ी
    - वृक्ष
2. मेज़बान पौधा विकास की किस अवस्था में है?
    - वर्धी अवस्था
    - प्रजनन अवस्था (फलने-फूलने की अवस्था)
3. पौधे के किस हिस्से पर कीट आक्रमण दिखता है?
    - परिपक्व शाखा (भूरे रंग की)
    - युवा अग्रस्थ शाखा (हरे रंग की)
    - फूल
    - फल
4. पौधे के साथ अन्तर्क्रिया में निम्नलिखित में से कौन-सी प्रजातियाँ दिख रही हैं?
    - केवल चींटियाँ
    - केवल माहू (या अन्य हेमिप्टेरन यानी अर्धपंखी क्षेणि के कीट)
    - दोनों
5. चींटियों का निम्नलिखित में कौन-सा व्यवहार दिख रहा है?
    - मेज़बान पौधे के माहू से संक्रमित हिस्से के आसपास एकत्रित
    - पौधे के अन्य हिस्सों पर तेज़ी से चलती-फिरती
    - दोनों
6. माहू कैसे दिखते हैं?
    - कपासी सफ़ेद
    - पीली या हरी रंगत वाले, छोटे नाशपाती के आकार के शरीर, कभी पारदर्शी
    - भूरे या काले, सिर पर सींग जैसे उपांग सहित
7. क्या तुम्हें चींटियों और रस-चूषक कीटों के अलावा कोई कीट दिखे?
    - हाँ
    - नहीं
8. यदि पिछले सवाल का जवाब हाँ है तो तुम्हें किस तरह के कीट दिखे?
    - कैटरपिलर (लार्वा)
    - प्रौढ़ वयस्क

रुद्र प्रसाद बनर्जी सीएसआईआर-नेशनल बॉटनीकल रिसर्च इंस्टीट्यूट (CSIR-NBRI), लखनऊ में पीएचडी छात्र हैं जहाँ वे पौधों, माहू और चींटियों की त्रि-आहारी अन्तर्क्रिया का समय-स्थानगत अध्ययन कर रहे हैं। उनसे rudrabanerjee1042@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

आभार : लेखक वित्तपोषण के लिए जैव प्रौद्योगिकी विभाग (भारत) के ऋणी हैं (Project No. DBT-NER/Agri/24/2013 dated 30/03/2015)। हम अपने सहयोगियों – दी नेशनल सेंटर फ़ॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस, और यूनिवर्सिटी ऑफ़ एग्रीकल्चरल साइंस, बेंगलूरु – के आभारी हैं जिन्होंने विद्यार्थियों के लिए कार्यशालाएँ और प्रशिक्षण कार्यक्रम आयोजित किए। हम डॉ. शैनॉन बी. ओल्सन, डॉ. जयश्री चानम, डॉ. ल्यूसी नॉन्गब्री, डॉ. दिब्येंदु अधिकारी, डॉ. रघुवर तिवारी, सत्यजीत गुप्ता और अनिता गुप्ता के शुक्रगुज़ार हैं जिन्होंने पाण्डुलिपि की तैयारी के दौरान बहुमूल्य सुझाव दिए। हम प्रो. उमा रामकृष्णन, डॉ. ध्रुब शर्मा और डॉ. अर्कमित्रा विष्णु का आभार प्रकट करते हैं जिन्होंने ज़रूरत होने पर सहायता प्रदान की। लेखक डिपार्टमेंट ऑफ़ बॉटनी, नॉर्थ-ईस्टर्न हिल यूनिवर्सिटी, शिलॉन्ग के विभागाध्यक्ष, और नेशनल बॉटेनिकल रिसर्च इंस्टीट्यूट, लखनऊ के निदेशक के आभारी हैं, जिन्होंने ज़रूरी सुविधाएँ उपलब्ध करवाईं।

Note: Source of the image used in the background of the article title: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ant_guards_its_Aphids.jpg. Credits: viamoi, Wikimedia Commons. License: CC-BY.

References:

1. Douglas AE. The nutritional physiology of aphids. Advances in Insect Physiology. 2003: 73–140. URL: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065280603310021.
2. Fischer CY, Lognay GC, Detrain C, Heil M, Grigorescu A, Sabri A, et al. Bacteria may enhance species association in an ant–aphid mutualistic relationship. Chemoecology. 2015; 25 (5): 223–32.
3. Powell BE, Silverman J. Impact of *Linepithema humile* and *Tapinoma sessile* (Hymenoptera: Formicidae) on three natural enemies of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). Biol. Control. 2010; 54 (3): 285–91. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.05.013
4. Del-claro K, Oliveira PS. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. Oecologia. 2000; 124: 156–65.
5. Kaplan Ian, Eubanks MD. Disruption of cotton aphid (Homoptera: Aphididae) — natural enemy dynamics by red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). Community Ecosyst Ecol. 2002; 31(6): 1175–83.
6. Novgorodova TA. Ant-aphid interactions in multispecies ant communities: some ecological and ethological aspects. Eur J Entomol. 2005; 102 (3): 495–501. URL: http://www.eje.cz/doi/10.14411/eje.2005.071.html.
7. Lang, C., and Menzel, F. *Lasius niger* ants discriminate aphids based on their cuticular hydrocarbons. Animal Behavior 2011; 82: 1245–1254.
8. Buckley RC. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. Ann Rev Ecol Syst. 1987; 18: 111–35.
9. Renault CK, Buffa LM, Delfino MA. An aphid–ant interaction: effects on different trophic levels. Ecol Res. 2005; 20 (1): 71–74. URL: http://doi.wiley.com/10.1007/s11284-004-0015-8.
10. Völkl W, Woodring J, Fischer M, Lorenz MW, Hoffmann KH. Ant-aphid mutualisms: the impact of honeydew production and honeydew sugar composition on ant preferences. Oecologia. 1999; 118: 483–91.



रुद्र प्रसाद बनर्जी सीएसआईआर-नेशनल बॉटनीकल रिसर्च इंस्टीट्यूट (CSIR-NBRI), लखनऊ में पीएचडी छात्र हैं जहाँ वे पौधों, माहू और चींटियों की त्रि-आहारी अन्तर्क्रिया का समय-स्थानगत अध्ययन कर रहे हैं। उनसे rudrabanerjee1042@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।



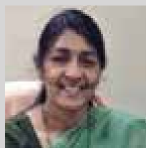
रेनी एम. बोर्जेस इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस, बेंगलूरु के सेंटर फ़ॉर इकॉलॉजिकल साइंस में प्रोफ़ेसर हैं। उनकी शोध टीम की रुचि पौधों, कीटों, अन्य अकशेरुकी जीवों और सूक्ष्मजीवों के बीच सह-विकास की गतिशीलता को समझने में है। उनसे renee@iisc.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।



सरोज कान्ता बारिक सीएसआईआर-नेशनल बॉटनीकल रिसर्च इंस्टीट्यूट (CSIR-NBRI), लखनऊ के निदेशक हैं। उनकी शोध-रुचियों में पर्यावरण, संरक्षण जीव विज्ञान और रासायनिक पारिस्थितिकी शामिल हैं। उनसे sarojkbarik@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।



प्रेम प्रकाश सिंह नॉर्थ-ईस्टर्न हिल यूनिवर्सिटी, शिलॉन्ग के बॉटनी विभाग में डॉक्टरल उपाधि के लिए अध्ययनरत हैं। उनके शोध का सम्बन्ध पादप विविधता पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव और जोखिमग्रस्त वनस्पतियों के संरक्षण से है। उनसे prem12flyhigh@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।



मधुलिका अग्रवाल बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय, वाराणसी के बॉटनी विभाग में प्रोफ़ेसर हैं। वे वैश्विक गर्माहट और जलवायु परिवर्तन के सन्दर्भ में कृषि की दृष्टि से महत्त्वपूर्ण पौधों में कार्यिकीय अनुकूलन का अध्ययन करती हैं। उनसे madhoo.agrawal@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : सुशील जोशी